

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-126010

(43)Date of publication of application : 15.05.1998

(51)Int.Cl.

H01S 3/18

H01L 33/00

(21)Application number : 08-299543

(71)Applicant : RICOH CO LTD

(22)Date of filing : 23.10.1996

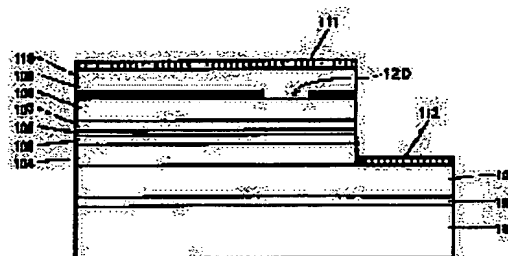
(72)Inventor : TAKAHASHI TAKASHI

(54) MANUFACTURING METHOD OF SEMICONDUCTOR LASER DEVICE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a semiconductor laser device containing compounds including nitrogen, which constricts a current to reduce a threshold current and effectively prevents a consequent increase in an operational voltage of the device.

SOLUTION: At least an n-type Al_xGa_{1-x}N clad layer 104 (0<x<1), a light emitting region (active layer) 106 including an In_yGa_{1-y}N layer (0≤y<1), and p-type Al_xGa_{1-x}N clad layer 108 are sequentially formed on a substrate 101. On the p-type Al_xGa_{1-x}N clad layer 108, an Al_zGa_{1-z}N layer 109 (x<z≤1) is formed by selective growth, except a stripe region 120 as a current injection region, and on the p-type Al_xGa_{1-x}N clad layer 108 and the Al_zGa_{1-z}N layer 109, a p-type GaN contact layer 110 is formed.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 08.02.2002

[Date of sending the examiner's decision of rejection] 02.05.2005

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

THIS PAGE BLANK (USPTO)

上には、n型Al_{1-x}Ga_xNクラッド層104(0<x<1)、In_yGa_{1-y}N層(0≤y<1)を含む発光領域(活性層)106、p型Al_{1-x}Ga_xNクラッド層108、p型コンタクト層110が順次に形成され、端面発光型のものとして構成されている。

【0047】すなわち、図5の半導体レーザ装置では、電流拡散を行なうAl_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)(例えばアンドープAl_{1-x}Ga_xN層)がn型Al_{1-x}Ga_xNクラッド層104(0<x<1)(例えば、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層)とn型Ga_{0.55}Nコンタクト層103との間に形成されている点が、図1に示した半導体レーザ装置と相違している。

【0048】具体例として、図1の半導体装置は、サファリア基板上に、Ga_{0.55}Nクラッド層102、n型Ga_{0.55}Nコンタクト層103が順次に形成され、n型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上に、アンドープAl_{1-x}Ga_xN層109、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層104、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層105、Ga_{0.55}N/A_{0.15}Ga_{0.85}N多重量子井戸活性層106、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層107、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層108、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層110、p側電極111が、選択成長によって順次に形成されたものとなっている。

【0049】図6は、図5に示した半導体レーザ装置の製造工程を示す図である。図6の工程例では、まず、サファリア基板上に、Ga_{0.55}Nクラッド層102、n型Ga_{0.55}Nコンタクト層103を、有機金属気相成長法により順次にエピタキシャル成長させる(図6(a))。【0050】次に、n型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上にSiO₂層201を堆積させる。そして、フォトリソングラフィング工程により、電流注入領域となるべきストライプ領域を除いて、SiO₂層201をケミカルエッチングで除去する(図6(b))。ここで、SiO₂のストライプ幅は、例えば5μmとすることができ、

【0051】次に、有機金属気相成長法により、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上にアンドープAl_{1-x}Ga_xN層109を約50nm程度の厚さに成長させる(図6(c))。このとき、SiO₂層201上には、Al_{1-x}Ga_xN層109が堆積しないため、ストライプ幅d₀が5μmの電流注入領域120が形成される。

【0052】次に、SiO₂層201をケミカルエッチングで除去した後で、アンドープAl_{1-x}Ga_xN層109およびn型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上に、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層104、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層105、Ga_{0.55}N/A_{0.15}Ga_{0.85}N多重量子井戸活性層106、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層107、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層108、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層110を順次に結晶成長させる(図6(d))。

【0053】次に、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層110の表面からn型Ga_{0.55}Nコンタクト層103までドラフトエッチ

ングしてリッジ構造を形成する(図6(e))。このとき、リッジ幅d₁が例えば100nm、エッチングした側面的一方から電流注入領域までの距離d₂が例えば約30μmとなるように、リッジ構造を形成することができる。

【0054】最後に、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層110上にp側電極111を蒸着で形成し、n型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上にn側電極112を蒸着で形成する(図6(f))。これにより、図5の半導体レーザ装置を作製できる。

【0055】このような半導体レーザ装置においては、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上に、例えば5μm幅のストライプ状の領域120を除いて、アンドープAl_{1-x}Ga_xN層109が形成されており、このアンドープAl_{1-x}Ga_xN層109は禁制帯幅が6.2eVと非常に大きく、ほぼ絶縁体となっている。従って、電流を5μmのストライプ状の領域120に集中させることができる。また、p側電極111と接触するp型Al_{1-x}Ga_xN層110の幅は100μmと広くとれるため、p側オミック抵抗を低減でき、素子の動作電圧を低減することができる。

【0056】図7は本発明に係る半導体レーザ装置の他の構成例を示す図である。なお、図7において、図5と対応する箇所には同じ符号を付している。図7の半導体レーザ装置は、基板101上に、少なくともn型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601(0<x<1)が形成され、n型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601上には、電流注入領域となるべきストライプ状の領域を除いて、Al_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)が選択成長によって形成されており、前記n型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601およびAl_{1-x}Ga_xN層109上に、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層104、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層105、Ga_{0.55}N/A_{0.15}Ga_{0.85}N多重量子井戸活性層106、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層107、p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層108、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層110が順次に形成され、端面発光型のものとして構成されている。

【0057】図7に示した半導体レーザ装置も、図5に示した半導体レーザ装置と同様に、p型Ga_{0.55}Nコンタクト層103上に、例えば5μm幅のストライプ状の領域120を除いて、アンドープAl_{1-x}Ga_xN層109が形成されているので、電流を5μmのストライプ状の領域120に集中させることができる。

【0058】さらに、図7の半導体装置は、電流を拡散するAl_{1-x}Ga_xN層109がn型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601(0<x<1)(例えば、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第1クラッド層)とn型Al_{1-x}Ga_xN第2クラッド層602(例えば、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第2クラッド層)との間に形成されているので、図5に示した半導体レーザ装置に比べて、活性層106により近い位置で電流拡散を行なうことができ、これにより、電流広がりが(水平・縦方向の電流広がりが)をさらに抑制して、開電流を一層

低減することができる。

【0059】図8は、本発明に係る半導体レーザ装置の他の構成例を示す図である。なお、図8において、図5と対応する箇所には同じ符号を付している。図8の半導体レーザ装置は、基板101上に、少なくともn型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601(0<x<1)が形成され、n型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601上には、電流注入領域となるべきストライプ状の領域を除いて、In_yGa_{1-y}N層302(0≤y<1)、Al_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)が選択成長によって形成されており、前記n型Al_{1-x}Ga_xN第1クラッド層601およびAl_{1-x}Ga_xN層109上に、n型Al_{1-x}Ga_xN第2クラッド層602、In_yGa_{1-y}N層(0≤y<1)を含む発光領域(活性層)106、p型Al_{1-x}Ga_xNクラッド層108、p型コンタクト層110が順次に形成され、端面発光型のものとして構成されている。

【0060】すなわち、図8の半導体レーザ装置は、第1クラッド層601とAl_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)との間に、In_yGa_{1-y}N層302(0≤y<1)が形成されており、In_yGa_{1-y}N層302が選択成長によって形成されている点で、図7の半導体レーザ装置と相違している。

【0061】図8の半導体レーザ装置も、図5に示した半導体レーザ装置と同様に、電流を5μmのストライプ状の領域120に集中させることができる。

【0062】また、図8の半導体レーザ装置においては、電流拡散を行なうためのAl_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)(例えば、n型Al_{1-x}Ga_xN層109)を成長させるに先立ち、In_yGa_{1-y}N層302(例えば、n型In_{0.15}Ga_{0.85}N層)を成長させることによって形成されている。ここで、In_yGa_{1-y}N層302(例えば、n型In_{0.15}Ga_{0.85}N層)は、屈折率がn型Al_{1-x}Ga_xNクラッド層601、602(例えば、n型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層)よりも大きく、また、例えばIn_yGa_{1-y}N活性層とIn_yGa_{1-y}N層302が同じくある場合は、In_yGa_{1-y}N層302は、In_yGa_{1-y}N層106で発生した光を吸収する。このため、水平方向に実効屈折率が変化する。光は、In_yGa_{1-y}N層302(例えば、n型In_{0.15}Ga_{0.85}N層)の領域120に閉じ込められる。

【0063】このように、図8の半導体レーザ装置では、電流拡散を行なうためのAl_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)(例えば、n型Al_{1-x}Ga_xN層109)と水平方向に光を閉じ込めるためのIn_yGa_{1-y}N層302(例えば、n型In_{0.15}Ga_{0.85}N層)が設けられているので、電流拡散とともに、水平方向に光を閉じ込めることができる。特に、電流拡散を行なうためのAl_{1-x}Ga_xN層109(x<z≤1)(例えば、n型Al_{1-x}Ga_xN層109)と水平方向に光を閉じ込めるためのIn_yGa_{1-y}N層302(例えば、n型In_{0.15}Ga_{0.85}N層)について、SiO₂層をマスクとした選択成長により同一のストライプパターンを形成できるので、水平方向のキャリア密度分布と光分布の位置ずれが発生せず、素子を安定な単一横モー

15

(9) 特開平10-126010

Ga_{0.85}N/GaN多量重子井戸活性層701に流れ込む。従って、電流を狭い円形状の領域に閉じ込めて電流を低下させ、かつp側電極111とnコンタクト面積を広くして素子の動作電圧を低減させることができる。

10069 すなわち、活性層701の上面に円形領域を除いて形成したAl_{1-x}Ga_xN層109によって電流を狭い直径10μm程度の狭い領域に集中させることができる。一方、p型GaNコンタクト層110は、上記直径10μmよりも大きい(例えば直径100μm程度)メサ形状にエッチングされているので、電流が狭い領域の面積とp型GaNコンタクト層が金属電極と接触する面積とを互いに独立に制御でき、レーザの閾電流を低下させてかつ素子の動作電圧を低減させることができる。

10070 また、In_yGa_{1-y}N(0<y<1)層を含む発光領域(活性層)701で発光した光は、上下の多層膜ブラッグ反射鏡702、703で構成された共振器内にレーザ発振して、基板101に対して垂直方向に射出される。すなわち、図9の半導体レーザ装置は、基板に対して垂直方向に光を取り出すことができる面発光型になっている。この際、In_{0.15}Ga_{0.85}N/GaN多量重子井戸活性層701で発光した光は、メサ頂上に形成された上部誘電体多層膜ブラッグ反射鏡702と、GaNパッド層の下に形成された下部誘電体多層膜ブラッグ反射鏡703との間で共振して、基板に対して垂直方向にレーザ光が取り出される。

10071 このとき、活性層に用いているIn_yGa_{1-y}N(0<y<1)は、パッド層やコンタクト層に用いているGaNよりも禁制帯幅が小さいため、共振器内の光吸収損失を少なくできる。すなわち、In_{0.15}Ga_{0.85}N/GaN多量重子井戸活性層701の禁制帯幅は、共振器内にあるAl_{1-x}Ga_xN層およびGaN層の禁制帯幅よりも小さいため、共振器内における光吸収損失を小さくすることができる。閾電流密度の上昇を防止できる。

10072 図10は、本発明に係る半導体レーザ装置の他の構成例を示す図である。図10の半導体レーザ装置は、図1、図3、図4、図5、図7、図8あるいは図9の半導体レーザ装置において、Al_{1-x}Ga_xN層およびIn_yGa_{1-y}N層に代えて、GaN/Al_{1-x}Ga_xN層が選択成長によって形成されたものである。

10073 具体的に、図10の半導体レーザ装置は、例えば、図4に示した半導体レーザ装置におけるアンダーパッド層109およびアンダーパッド層302に代えて、GaN/Al_{1-x}Ga_xN層が選択成長によって形成されている。この超格子構造801は、10nmの厚度のGaN層と10nmの厚度のAl_{1-x}Ga_{0.3}Ga_{0.7}N層とを交互に10〜100層積層した構造となっている。

17

(10) 特開平10-126010

電流を低下させることができる。

10078 そして、上記電流装置を行なうAl_{1-x}Ga_xN層が素子の積層構造の内部に設けられていることにより、電流が狭い面積とp型GaNコンタクト層が金属電極と接触する面積を独立に制御できるという特徴を有している。例えば電流装置幅を5μmと狭くして、かつp型GaNコンタクト層幅を100μmと広くすることで、これにより、レーザの閾電流を低下させて、かつ素子の動作電圧を低減することができる。

10079 また、電流装置を行なうためのAl_{1-x}Ga_xN層は、ストライプ状または円形状の領域にSiO₂等のマスク層を形成し、マスク層の上には結晶成長させる。マスク層で覆われていない半導体層上には選択的に積層させて形成されている。このようにエッチング工程を用いてAl_{1-x}Ga_xN層およびストライプ状または円形状領域を形成できるので、ケミカルエッチングが非常に困難なGaN系材料であっても、ストライプ状または円形状領域を制御性良く比較的容易に形成できる。

10080

【発明の効果】 以上に説明したように、請求項1乃至請求項8記載の発明によれば、In_yGa_{1-y}N層(0≦y<1)を含む発光領域(活性層)の上面または下面に、ストライプ状または円形状の領域を除いて、クラッド層のAl_{1-x}Ga_{1-x}N層よりもAl₁組成が大きいアンダーパッド層Al_{1-x}Ga_{1-x}N層を選択成長により形成している。電流をAl_{1-x}Ga_{1-x}N層で覆われていないストライプ状または円形状の狭い領域に集中させて閾電流を低下させることができる。また、電流装置を行なうAl_{1-x}Ga_{1-x}N層は、素子の積層構造の内部に設けられているため、電流が表面層と独立にp型GaNコンタクト層と金属電極が接触する面積を広くすることができ、素子の動作電圧を低減することができる。

10081 特に、請求項2、請求項5記載の発明では、電流を狭めるAl_{1-x}Ga_{1-x}N層をAl_{1-x}Ga_{1-x}N第1クラッド層とAl_{1-x}Ga_{1-x}N第2クラッド層との間に選択成長によって形成している。電流を狭めるAl_{1-x}Ga_{1-x}N層を、第1クラッド層と第2クラッド層の間でIn_yGa_{1-y}N活性層に近接して形成している。電流装置をIn_yGa_{1-y}N活性層により近い位置で行なうことができ、電流幅がさらに抑制することができ、閾電流をより一層低減することができる。

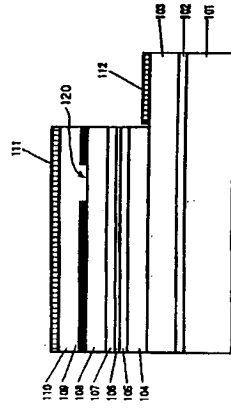
10082 また、請求項3、請求項6記載の発明では、Al_{1-x}Ga_{1-x}N電流装置層に加えてIn_yGa_{1-y}N層(0≦y<1)を選択成長により形成してIn_yGa_{1-y}N/Ga_{1-y}N層の屈折率はAl_{1-x}Ga_{1-x}Nクラッド層よりも大きく、またIn_yGa_{1-y}N活性層とIn組成が同じかあるいは大きい場合には、In_yGa_{1-y}N層は、In_yGa_{1-y}N活性層で発生した光を吸収するので、水平横

19

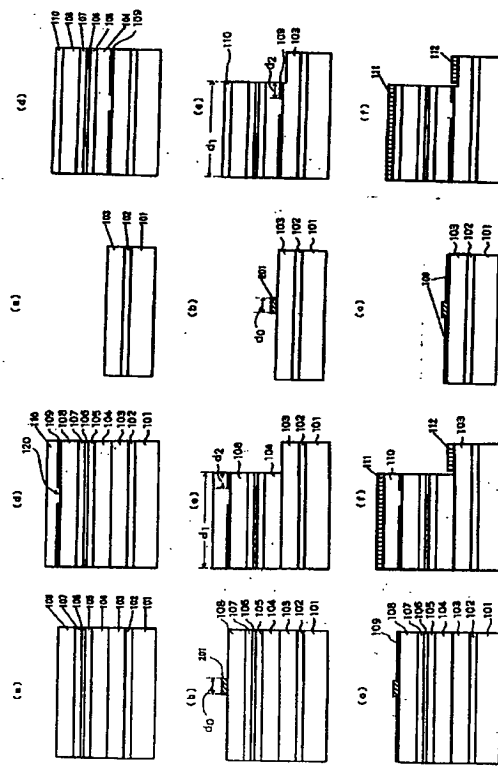
- 層
- 107 p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nガイド層
 - 108 p型Al_{0.15}Ga_{0.85}Nクラッド層
 - 109 アンダーAlN層
 - 110 p型Ga_{0.85}Nコンタクト層
 - 111 p側電極
 - 112 n側電極
 - 201 SiO₂層
 - 301 p型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第1クラッド層

- 302 アンダーp-GaN層
- 303 p型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第2クラッド層
- 601 n型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第1クラッド層
- 602 n型Al_{0.15}Ga_{0.85}N第2クラッド層
- 701 In_{0.15}Ga_{0.85}N/GaN多量子井戸層
- 702 上部誘電体多層膜ブラッグ反射鏡
- 703 下部誘電体多層膜ブラッグ反射鏡
- 801 アンダーp-GaN/AlGaN超格子構造

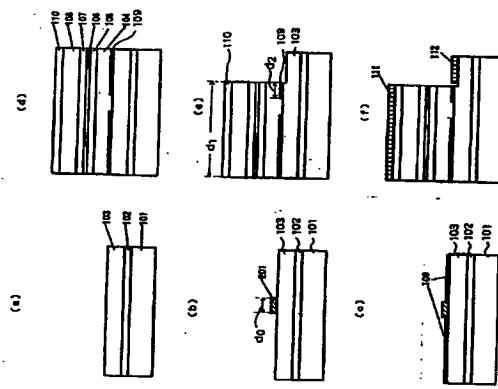
【図1】



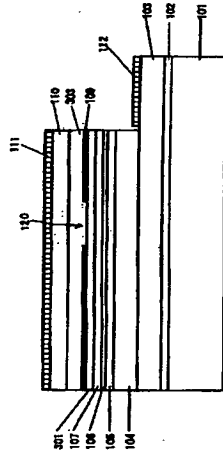
【図2】



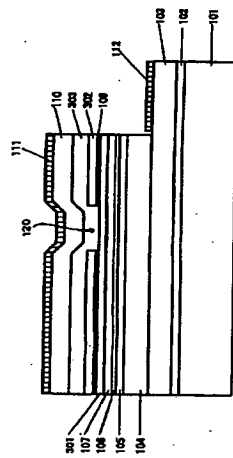
【図3】



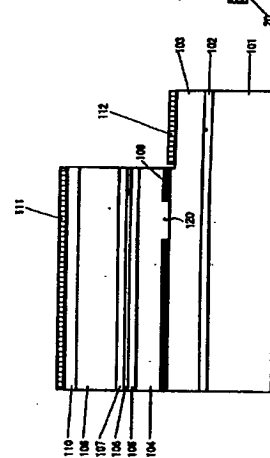
【図3】



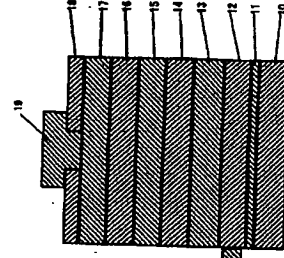
【図4】



【図5】



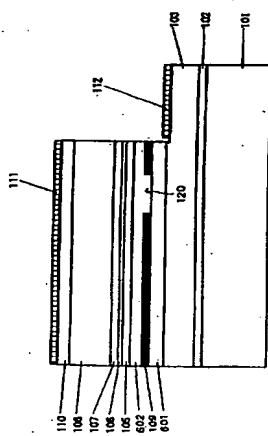
【図12】



(13)

特開平10-126010

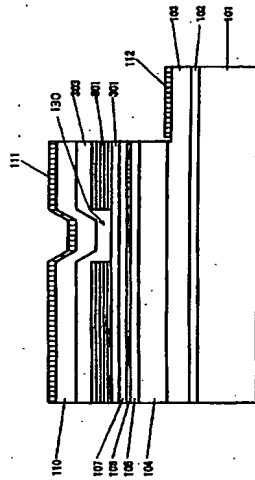
【図7】



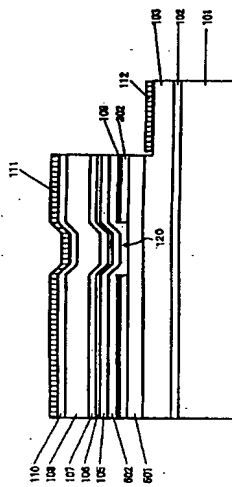
(14)

特開平10-126010

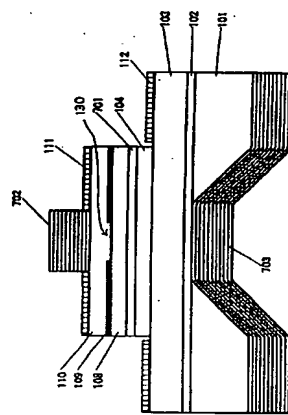
【図10】



【図8】



【図9】



THIS PAGE BLANK (USPTO)

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning
Operations and is not part of the Official Record**

BEST AVAILABLE IMAGES

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☒ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: _____

IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.

As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.

THIS PAGE BLANK (USPTO)